

CLIPPEDIMAGE= JP02001204041A

PAT-NO: JP02001204041A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001204041 A

TITLE: CALIBRATION METHOD FOR DIGITAL CAMERA, DIGITAL
CAMERA WITH COLOR
CORRECTION BY THE CALIBRATION METHOD AND RECORDING MEDIUM

PUBN-DATE: July 27, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

HOSHII, ATSUSHI

KUWATA, NAOKI

COUNTRY

N/A

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SEIKO EPSON CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP2000012299

APPL-DATE: January 20, 2000

INT-CL (IPC): H04N009/64;G06T001/00 ;H04N001/46 ;H04N009/04

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for calibrating a digital camera to attain color reproduction with fidelity and to provide the digital camera with color correction by the calibration method.

SOLUTION: According to the calibration method for a digital camera of this invention, first a difference in lightness, saturation and hue angle between reference image data and image data by the digital camera is respectively calculated for a plurality of prescribed colors. Then color correction is applied to the image data of the digital camera so that the difference is kept within a prescribed range. Thus, each color component

(lightness, saturation
and hue angle) of the image data of the digital camera with
respect to a
prescribed color can be made close to each color component
of the reference
image data so as to attain color reproduction with
fidelity.

COPYRIGHT: (C) 2001, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-204041
(P2001-204041A)

(43) 公開日 平成13年7月27日(2001.7.27)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト [*] (参考)
H 0 4 N 9/64		H 0 4 N 9/64	R 5 B 0 5 7
G 0 6 T 1/00		9/04	B 5 C 0 6 5
H 0 4 N 1/46		101:00	5 C 0 6 6
9/04		G 0 6 F 15/66	3 1 0 5 C 0 7 9
// H 0 4 N 101:00		H 0 4 N 1/46	Z
審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 18 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-12299(P2000-12299)

(22) 出願日 平成12年1月20日(2000.1.20)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 星井 淳

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 鎌田 直樹

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100093388

弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

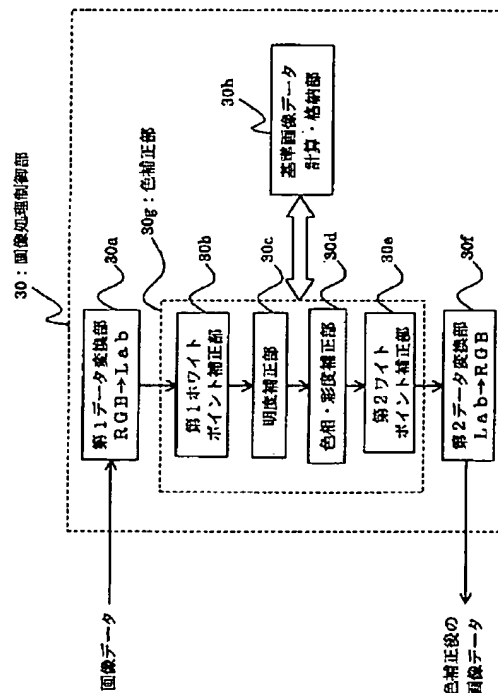
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 デジタルカメラのキャリブレーション方法、当該キャリブレーション方法によって色補正がなされたデジタルカメラおよび記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 忠実な色再現が可能なようにデジタルカメラをキャリブレーションする方法、および当該キャリブレーション方法によって色補正がなされたデジタルカメラを提供することを課題とする。

【解決手段】 本発明によるデジタルカメラのキャリブレーション方法によれば、まず、基準画像データの明度値、彩度値および色相角と、デジタルカメラの画像データの明度値、彩度値および色相角との差分が、前記複数の所定カラーに対してそれぞれ計算される。そして、当該差分が所定の範囲内になるようにデジタルカメラの画像データを色補正処理を行う。そして、所定のカラーに対するデジタルカメラの画像データの各色成分(明度値、彩度値および色相角)を基準画像データの各色成分に近づけることが可能となり、忠実な色再現が可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基準画像データに基づき、デジタルカメラの画像データを色補正処理することによってデジタルカメラをキャリブレーションする方法であって、所定の表色系において、複数の所定カラーに対する前記基準画像データの明度値、彩度値および色相角を計算する第1計算工程と、

前記所定の表色系において、デジタルカメラによって撮像された前記複数の所定カラーに対する前記デジタルカメラの画像データの明度値、彩度値および色相角を計算する第2計算工程と、

第1計算工程によって計算された基準画像データの明度値、彩度値および色相角と、第2計算工程によって計算されたデジタルカメラの画像データの明度値、彩度値および色相角との差分を、前記複数の所定カラーに対してそれぞれ計算する差分計算工程と、

を備え、前記差分計算工程によって計算された明度値、彩度値および色相角の差分が所定の範囲内になるようにデジタルカメラの画像データを色補正処理するデジタルカメラのキャリブレーション方法。

【請求項2】 請求項1に記載のキャリブレーション方法であって、前記デジタルカメラの彩度値および色相角に関する画像データ処理前に、デジタルカメラの画像データのグレー軸を前記所定の表色系のグレー軸に一致させ、前記デジタルカメラの彩度値および色相角に関する画像データ処理後に、前記所定の表色系のグレー軸に一致しているデジタルカメラの画像データのグレー軸を基準画像データのグレー軸に一致させるグレー軸移動工程をさらに備えているキャリブレーション方法。

【請求項3】 請求項1または2に記載のキャリブレーション方法であって、所定のカラーに対するデジタルカメラの画像データの明度値が大きい程、当該デジタルカメラの画像データの明度値の補正量を大きくする明度補正工程をさらに備えているキャリブレーション方法。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれか一項に記載のキャリブレーション方法であって、基準画像データの彩度値とデジタルカメラの画像データの彩度値との差を前記複数の所定カラーに対して計算し、当該計算された彩度差の絶対値の総和が最小となるように彩度値の補正量を決定する彩度補正工程をさらに備えているキャリブレーション方法。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれか一項に記載のキャリブレーション方法であって、基準色に対する色相角の補正量に基づき、所定の色相角におけるデジタルカメラの画像データの補正量を決定する色相補正工程をさらに備えているキャリブレーション方法。

【請求項6】 請求項1乃至5のいずれか一項に記載のキャリブレーション方法によって色補正がなされたデジタルカメラ。

【請求項7】 基準画像データに基づき、デジタルカメ

ラの画像データを色補正処理することによってデジタルカメラをキャリブレーションする処理をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータによって読取可能な記録媒体であって、

所定の表色系において、複数の所定カラーに対する前記基準画像データの明度値、彩度値および色相角を計算する第1計算処理と、

前記所定の表色系において、デジタルカメラによって撮像された前記複数の所定カラーに対する前記デジタルカメラの画像データの明度値、彩度値および色相角を計算する第2計算処理と、

第1計算処理によって計算された基準画像データの明度値、彩度値および色相角と、第2計算処理によって計算されたデジタルカメラの画像データの明度値、彩度値および色相角との差分を、前記複数の所定カラーに対してそれぞれ計算する差分計算処理と、

を備え、前記差分計算処理によって計算された明度値、彩度値および色相角の差分が所定の範囲内になるようにデジタルカメラの画像データを色補正するデジタルカメラのキャリブレーション処理をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータによって読取可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、デジタルカメラによって撮像された実写画像データに対して最適な色補正がなされるようにデジタルカメラを調整するためのキャリブレーション方法、当該キャリブレーション方法による色補正がなされるデジタルカメラおよび記録媒体に関する。

【0002】

・【従来の技術】コンピュータなどを用いて高品質の画像データを取り扱う画像処理装置として、CCD等の撮像手段により光を電気信号に変換し、その電気信号をデジタルデータに変換してフラッシュメモリ等の記録媒体に記録するデジタルカメラが知られている。デジタルカメラを用いると、パーソナルコンピュータ等を用いて画像データの保存や様々な加工を個人で手軽に行えるほか、プリンタに画像データを出力することによりフィルムの実像をすることなく写真を印刷することができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来のデジタルカメラにおいては適切な色補正がなされておらず、従来のデジタルカメラによって撮像された画像を出力装置に出力させると、明度・彩度・色相の点において実際の画像とは相違しており、忠実な色再現がなされていないかった。

【0004】本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、忠実な色再現が可能なようにデジタルカメラをキャリブレーションする方法、当該キャリブレーション

ション方法によって色補正がなされたデジタルカメラおよび記録媒体を提供することを課題とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題に鑑み、請求項1に記載の発明は、基準画像データに基づき、デジタルカメラの画像データを色補正処理することによってデジタルカメラをキャリブレーションする方法であって、所定の表色系において、複数の所定カラーに対する前記基準画像データの明度値、彩度値および色相角を計算する第1計算工程と、前記所定の表色系において、デジタルカメラによって撮像された前記複数の所定カラーに対する前記デジタルカメラの画像データの明度値、彩度値および色相角を計算する第2計算工程と、第1計算工程によって計算された基準画像データの明度値、彩度値および色相角と、第2計算工程によって計算されたデジタルカメラの画像データの明度値、彩度値および色相角との差分を、前記複数の所定カラーに対してそれぞれ計算する差分計算工程と、を備え、前記差分計算工程によって計算された明度値、彩度値および色相角の差分が所定の範囲内になるようにデジタルカメラの画像データを色補正処理するように構成される。

【0006】以上のように構成された基準画像データに基づき、デジタルカメラの画像データを色補正処理することによってデジタルカメラをキャリブレーションする方法によれば、第1計算工程によって、所定の表色系において、複数の所定カラーに対する前記基準画像データの明度値、彩度値および色相角が計算され、第2計算工程によって、前記所定の表色系において、デジタルカメラによって撮像された前記複数の所定カラーに対する前記デジタルカメラの画像データの明度値、彩度値および色相角が計算される。そして、差分計算工程によって、第1計算工程によって計算された基準画像データの明度値、彩度値および色相角と、第2計算工程によって計算されたデジタルカメラの画像データの明度値、彩度値および色相角との差分が、前記複数の所定カラーに対してそれぞれ計算される。このようにして計算された明度値、彩度値および色相角の差分が所定の範囲内になるようにデジタルカメラの画像データが色補正処理される。

【0007】また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載のキャリブレーション方法であって、前記デジタルカメラの彩度値および色相角に関する画像データ処理前に、デジタルカメラの画像データのグレイ軸を前記所定の表色系のグレイ軸に一致させ、前記デジタルカメラの彩度値および色相角に関する画像データ処理後に、前記所定の表色系のグレイ軸に一致しているデジタルカメラの画像データのグレイ軸を基準画像データのグレイ軸に一致させるグレイ軸移動工程をさらに備えて構成される。

【0008】さらに、請求項3に記載の発明は、請求項1または2に記載のキャリブレーション方法であって、

所定のカラーに対するデジタルカメラの画像データの明度値が大きい程、当該デジタルカメラの画像データの明度値の補正量を大きくする明度補正工程をさらに備えて構成される。

【0009】また、請求項4に記載の発明は、請求項1乃至3のいずれか一項に記載のキャリブレーション方法であって、基準画像データの彩度値とデジタルカメラの画像データの彩度値との差を前記複数の所定カラーに対して計算し、当該計算された彩度差の絶対値の総和が最小となるように彩度値の補正量を決定する彩度補正工程をさらに備えて構成される。

【0010】さらに、請求項5に記載の発明は、請求項1乃至4のいずれか一項に記載のキャリブレーション方法であって、基準色に対する色相角の補正量に基づき、所定の色相角におけるデジタルカメラの画像データの補正量を決定する色相補正工程をさらに備えて構成される。

【0011】上記課題に鑑み、請求項6に記載の発明は、請求項1乃至5のいずれか一項に記載のキャリブレーション方法によって色補正がなされたデジタルカメラとして構成される。

【0012】上記課題に鑑み、請求項7に記載の発明は、基準画像データに基づき、デジタルカメラの画像データを色補正処理することによってデジタルカメラをキャリブレーションする処理をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータによって読取可能な記録媒体であって、所定の表色系において、複数の所定カラーに対する前記基準画像データの明度値、彩度値および色相角を計算する第1計算処理と、前記所定の表色系において、デジタルカメラによって撮像された前記複数の所定カラーに対する前記デジタルカメラの画像データの明度値、彩度値および色相角を計算する第2計算処理と、第1計算処理によって計算された基準画像データの明度値、彩度値および色相角と、第2計算処理によって計算されたデジタルカメラの画像データの明度値、彩度値および色相角との差分を、前記複数の所定カラーに対してそれぞれ計算する差分計算処理と、を備え、前記差分計算処理によって計算された明度値、彩度値および色相角の差分が所定の範囲内になるようにデジタルカメラの画像データを色補正するデジタルカメラのキャリブレーション処理をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録してコンピュータによって読取可能に構成される。

【0013】以上のように構成されたコンピュータによって読取可能な記録媒体によれば、基準画像データに基づき、デジタルカメラの画像データを色補正処理することによってデジタルカメラをキャリブレーションする処理をコンピュータに実行させるためのプログラムが記録されている。当該プログラムの実行により、第1計算処理によって、所定の表色系において、複数の所定カラー

に対する前記基準画像データの明度値、彩度値および色相角が計算され、第2計算処理によって、前記所定の表色系において、デジタルカメラによって撮像された前記複数の所定カラーに対する前記デジタルカメラの画像データの明度値、彩度値および色相角が計算される。そして、差分計算処理によって、第1計算処理によって計算された基準画像データの明度値、彩度値および色相角と、第2計算処理によって計算されたデジタルカメラの画像データの明度値、彩度値および色相角との差分が、前記複数の所定カラーに対してそれぞれ計算され、前記差分計算処理によって計算された明度値、彩度値および色相角の差分が所定の範囲内になるようにデジタルカメラの画像データが色補正される。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の好適な実施の形態を説明する。

【0015】図1は本発明の一実施形態による画像データの色補正処理を行うデジタルカメラ10の構造を説明するためのブロック図である。制御部11、集光レンズ12、撮像手段としてのCCD (Charge Coupled Device) 13、A/D変換器14、画像データを一時的に記憶するRAM (Random Access Memory) 15、画像データを記録するフラッシュメモリ16、画像を表示する液晶表示装置 (LCD) 17、液晶表示装置に表示される画像のためのデータが格納されるVRAM (Video RAM) 18、フラッシュメモリ16の内容を外部機器に出力するためのインターフェイス19などから構成される。

【0016】制御部11はCPUと、デジタルカメラ10の画像処理制御用プログラムなどが記録されたROMと、入出力手段とを備え、デジタルカメラ10に設けられる他の装置の制御を行う。1つの制御部11で全ての制御を行うほか、複数の制御部を設けてもよい。集光レンズ12には集光レンズ12に入力される光量を調節するための絞り121が設けられている。

【0017】RAM15としてはセルフリフレッシュ機能をもつDRAM (Dynamic RAM) が用いられる。フラッシュメモリ16は通電しなくても記録内容を保持することのできる書換え可能な記録媒体であり、デジタルカメラ10に内蔵されるか、あるいは着脱自在にデジタルカメラ10に取り付けられている。フラッシュメモリ16として例えばPCMCIA規格に準拠したメモリカード、またはPCMCIAカードアダプタに取付け可能なメモリカードを用いることにより、PCMCIAカード用スロットを有するパーソナルコンピュータでフラッシュメモリ16の内容を直接読み書きすることができる。

【0018】本発明によるデジタルカメラのキャリブレーション処理を実行するためのプログラムは、通常、コンピュータが読取可能な形態でフロッピーディスク、CD-ROMなどの記録媒体に記録されて流通する。当該プログラムは、メディア読取装置によって読み取られて

ROMに書き込まれる。そして、CPUが所望のプログラムを適宜ROMから読み出して所望の処理を実行するように構成されている。

【0019】図2に、本発明の一実施形態による画像処理制御部30の機能ブロック図を示す。本発明の一実施の形態にかかる、デジタルカメラのキャリブレーションを行う画像処理制御部30は、デジタルカメラ10の制御部11によって構成される。当該キャリブレーションは、デジタルカメラ10によって撮影されたカラーチャートの各カラーパッチの画像データを、測色計によって測色された各カラーパッチの画像データにほぼ一致させることができるように色補正を行うことによってなされる。なお、カラーチャートのカラーパッチの中で、高明度領域および低明度領域のカラーパッチはノイズが発生するため色補正用のデータとしては使用せず、色相・彩度・明度を一通りカバーしている中明度領域を使用する。

【0020】図2に示すように、制御部11によって構成される画像処理制御部30は、デジタルカメラのRGB画像データをLab画像データに変換するための第1データ変換部30aと、第1データ変換部30aによって変換されたLab画像データに適切な明度・色相・彩度補正を施すための色補正部30gと、当該色補正部30gによって色補正が施されたLab画像データをRGBデータに変換するための第2データ変換部30fと、基準画像データとして測色計によって測色されたカラーチャートのパッチデータ (XYZデータ) に基づきLabデータを計算して格納している基準画像データ計算・格納部30hと、を備えて構成される。

【0021】色補正部30gは、デジタルカメラの色画像データに関するグレー軸をL軸に一致させるための第1ホワイトポイント補正部30bと；明度差を補正するための明度補正部30cと；色相および彩度の差を補正するための色相・彩度補正部30dと；第1ホワイトポイント補正部によってL軸に一致するように補正されたデジタルカメラの色画像データのグレー軸を、測色計の色画像データのグレー軸に一致させるための第2ホワイトポイント補正部30eと；をさらに備えている。

【0022】次に、図2を参照して、画像処理制御部30の動作を説明する。

【0023】デジタルカメラ10によって撮影された画像はRGBデータであるのに対して、測色計による測色データはXYZデータとして採取しているので、両者を比較するには、まず、両データを同一の色空間 (標準色空間) に変換する必要がある。当該実施の形態では、色を定量的に表現する空間としてLab空間を使用する。Lab空間は、色の性質を「明度・彩度・色相」に分けて表現した空間で、明度 (L*) は色の明るさを0~100で表しており、その数値が高いほど明るく低いほど暗い色となる。また、色相および彩度はa*b*の組み合

わせによって表現することができる。

【0024】図2に示すように、デジタルカメラによって撮像された各カラーパッチに基づき生成されたRGB画像データは、まず第1データ変換部30aによってLab画像データに変換され、色補正部30gに供給される。色補正部30gは、基準画像データ計算・格納部に格納されたカラーチャートのパッチデータ(Lab画像データ)を参照して、デジタルカメラ10によって撮影されたカラーチャートの各カラーパッチの画像データを、測色計によって測色された対応する各カラーパッチの画像データとほぼ一致するように色補正を行う。

【0025】次に、図3を参照して、測色計によって測色されたカラーパッチのXYZデータに基づきLabデータを計算する方法を説明する。当該実施の形態では、外光を遮断した状態で既定の光源下で撮影を行い、光源としてはD50光源(色温度5000K)を使用する。

【0026】図3のステップ50に示すように、基本的には、以下の3式

$$L = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad \dots (1)$$

$$a = 500((X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}) \quad \dots (2)$$

$$b = 200((Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}) \quad \dots (3)$$

によって、XYZデータがLabデータに変換される。ここで、 X_n 、 Y_n 、 Z_n は、D50光源下におけるXYZ系の3刺激値である。

【0027】但し、 $X/X_n \leq 0.008856$ (ステップ52、YES) の場合には、式(2)の $(X/X_n)^{1/3}$ が $7.787(X/X_n) + 16/116$ に置換され(ステップ54)、 $Y/Y_n \leq 0.008856$ (ステップ56、YES) の場合には、式(1)～(3)の $(Y/Y_n)^{1/3}$ が $7.787(Y/Y_n) + 16/116$ に置換され(ステップ58)、 $Z/Z_n \leq 0.008856$ (ステップ60、YES) の場合には、式(3)の $(Z/Z_n)^{1/3}$ が $7.787(Z/Z_n) + 16/116$ に置換される(ステップ62)。

【0028】このようにして、測色計によって測色されたカラーパッチのXYZデータに基づきLabデータが計算されて、基準画像データ計算・格納部30hに格納される。

【0029】次に、色補正部30gによる色補正処理を説明する。図4に、色補正部30gによる色補正処理のフローチャートを示し、図5にグレー軸(ホワイトポイント)の移動を説明するための図を示す。

【0030】当該色補正処理は、デジタルカメラの色画像データ値をグラフ化したもの(以下、「デジタルカメラのグラフ」と称する)と、測色計の色画像データ値をグラフ化したもの(以下、「測色計のグラフ」と称する)とを近づけるように行うが、デジタルカメラのグラフと測色計のグラフとの差は、ホワイトポイントの差、明度の差、各カラー毎の色相・彩度の差に分類することができ、これらは以下のように独立して補正される。

【0031】当該実施の形態によれば、色補正部30gは、デジタルカメラのグラフのグレー軸をLab空間の

L軸に合わせるための第1のホワイトポイント補正処理(ステップ64)と；前記明度の差を補正するための明度補正処理(ステップ66)と；前記彩度の差を補正するための彩度補正処理(ステップ67)と；前記色相の差を補正するための色相補正処理(ステップ68)と；前記第1のホワイトポイント補正処理によってL軸に合わせられたデジタルカメラのグレー軸を測色計のグレー軸に合わせるための第2のホワイトポイント補正処理(ステップ70)と、からなる。

【0032】第1のホワイトポイント補正処理(ステップ64)

まず、第1ホワイトポイント補正部30bによる処理を説明する。当該処理は、図5の点Aを点Oに移動させるための処理(処理①)に相当する。

【0033】当該実施の形態においては、当該第1のホワイトポイントの補正を行った後に明度補正を行うように構成しているが、明度補正後に第1のホワイトポイントの補正を行なうようにすることもできる。

【0034】色相補正の際の回転補正および彩度方向への伸縮補正を原点を中心に行えるようにして、補正演算を簡易化するために、初めにデジタルカメラのグラフのグレー軸をLab空間のL軸に合わせ(図5の②の処理)、回転および彩度方向に関する補正を行う。

【0035】Lab空間のL軸に対する、デジタルカメラのグラフのグレー軸の変位の方向および程度は、明度毎に異なるため、明度に応じた補正係数を決定する必要がある。補正係数は、補正の対象となる中心軸(グレー軸)の L^*a^* 平面および L^*b^* 平面における近似曲線を導出して、明度Lの時の近似曲線の値が a^*b^* 平面における移動距離になる。

【0036】図6に、図4のステップ64における第1のホワイトポイント補正処理を説明するためのフローチャートを示す。

【0037】 L^*a^* 平面における中心軸の近似3次曲線の式を

$$a^* = a_1 \times L^3 + b_1 \times L^2 + c_1 \times L + d_1$$

(a_1 、 b_1 、 c_1 、 d_1 は、それぞれ曲線の係数)とし、 L^*b^* 平面における中心軸の近似3次曲線の式を

$$b^* = a_2 \times L^3 + b_2 \times L^2 + c_2 \times L + d_2$$

(a_2 、 b_2 、 c_2 、 d_2 は、それぞれ曲線の係数)とすると、明度Lにおける中心軸の a^* 方向への補正係数

a^*_{revise} と、 b^* 方向への補正係数 b^*_{revise} は、

$$a^*_{\text{revise}} = a_1 \times L^3 + b_1 \times L^2 + c_1 \times L + d_1$$

$$b^*_{\text{revise}} = a_2 \times L^3 + b_2 \times L^2 + c_2 \times L + d_2$$

となる(ステップ72)。したがって、補正対象となるデジタルカメラのグラフの中心軸(グレー軸)の a^*b^* 座標を(a^*_{center} 、 b^*_{center})とした場合、補正後の a^*b^* 座標(a^*_{center}' 、 b^*_{center}')は、

$$a^*_{\text{center}}' = a^*_{\text{center}} + a^*_{\text{revise}}$$

$$b^*_{\text{center}}' = b^*_{\text{center}} + b^*_{\text{revise}}$$

となる(ステップ74)。

【0038】明度補正処理(ステップ66)次に、明度補正部30cによる明度補正処理を説明する。図7に、図4のステップ66における明度補正処理を説明するためのフローチャートを示す。

【0039】明度の差は、明度が高い部分では大きく、明度の低い部分では小さい。このため、明度の高い部分での補正量を大きく、明度の低い部分での補正量を小さく設定する必要がある。まず、デジタルカメラの明度の最大値 L_{max_DSC} 、および測色計の明度の最大値 L_{max_STD} を算出する(ステップ76)。そして、明度0の時の明度差がゼロであると仮定すると、補正対象となるデジタルカメラの明度が L_{max_DSC} の時の補正量は、 $L_{max_STD} - L_{max_DSC}$ であり、明度0の時の補正量は0になる。すなわち、明度が低くなるにしたがって、補正量が $L_{max_STD} - L_{max_DSC}$ から0になるような式を求め、この時の補正量の変化は、明度が高いときは大きく、明度が低くなるにしたがって穏やかに変化するように設定することが好ましい。当該実施の形態では、明度 L における明度補正量 $L \cdot revice$ を

$$L \cdot revice = (L_{max_STD} - L_{max_DSC}) \times (L^2 / L_{max_DSC}^2)$$

によって算出する(ステップ78)。

【0040】色相・彩度の補正処理(ステップ67および68)

次に、色相・彩度補正部30dによる色相・彩度の補正処理を説明する。

【0041】第1のホワイトポイント補正処理によって、デジタルカメラのグラフのグレー軸が Lab 空間の L 軸と一致している。そこで、色相の補正は、 Lab 空間の L 軸を中心として前記デジタルカメラのグラフを回転させることによって行い、彩度方向の補正は、デジタルカメラのグラフを伸縮させることによって行なう。この際、回転させる角度、および伸縮させる度合いが補正係数として必要になる。

【0042】彩度方向への伸縮補正(ステップ67)

図8に、図4のステップ67における彩度補正処理を説明するためのフローチャートを示す。

【0043】カラーチャートの所定のカラーパッチ点に対応するデジタルカメラのグラフ上の点Cおよび測色計のグラフ上の点Dに対して、 a^*b^* 平面上におけるそれぞれの中心から点Cおよび点Dまでの距離(半径 r_{DSC} 、 r_{STD})を計算して、各カラー毎の演算処理を以下に行い、彩度方向の伸縮係数を決定する。

【0044】デジタルカメラのグラフの座標C

(a^*_{DSC} , b^*_{DSC})、デジタルカメラのグラフの中心軸(グレー軸)の座標($a^*_{DSC_center}$, $b^*_{DSC_center}$)、測色計のグラフの座標D(a^*_{STD} , b^*_{STD})、および測色計のグラフの中心軸(グレー軸)の座標($a^*_{STD_center}$, $b^*_{STD_center}$)より、デジタルカメラ

のグラフの中心軸から点Cまでの距離 r_{DSC} および測色計のグラフの中心軸から点Dまでの距離 r_{STD} は、

$$r_{DSC} = ((a^*_{DSC} - a^*_{DSC_center})^2 + (b^*_{DSC} - b^*_{DSC_center})^2)^{1/2}$$

$$r_{STD} = ((a^*_{STD} - a^*_{STD_center})^2 + (b^*_{STD} - b^*_{STD_center})^2)^{1/2}$$

により算出される(ステップ80)。さらに、彩度方向への伸縮補正係数を K とすると、彩度方向への伸縮補正を行なった後の r_{DSC}' は、

$$r_{DSC}' = (((a^*_{DSC} - a^*_{DSC_center}) \times K)^2 + ((b^*_{DSC} - b^*_{DSC_center}) \times K)^2)^{1/2}$$

となり、各カラー毎の

$$\Sigma (r_{STD} - r_{DSC}')^2$$

が最小となるように、彩度方向への伸縮補正係数 K が算出される(ステップ82)。

【0045】なお、彩度値に応じて、彩度の補正量を調整することもできる。

【0046】色相方向への回転補正(ステップ68)

ステップ67において伸縮補正係数 K を求め、伸縮補正処理を行なった後、 a^*b^* 平面上における、各中心軸(デジタルカメラのグラフのグレー軸および測色計のグラフの中心軸)を中心とした a^* 軸からの角度を計算して各カラー毎の角度差の合計が最小になるように色相方向の回転補正係数を決定する。

【0047】図9に、図4のステップ68における色相補正処理を説明するためのフローチャートを示す。

【0048】色相(補正係数: α)、彩度(補正係数: K)による補正後のデジタルカメラの座標(a^*_{DSC}' , b^*_{DSC}')は、

【0049】

【数1】

$$\begin{bmatrix} a^*_{DSC}' \\ b^*_{DSC}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K \times \cos \alpha & K \times (-\sin \alpha) \\ K \times \sin \alpha & K \times \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a^*_{DSC} \\ b^*_{DSC} \end{bmatrix}$$

によって求まる(ステップ84)。座標(a^*_{DSC}' , b^*_{DSC}')の Lab 空間のグレー軸からの距離を r_{DSC}' とすると、 $+a^*$ 軸からの角度 D_{DSC}' は、 $a \times \sin(b^*_{DSC}' / r_{DSC}') > 0$ の場合(ステップ86、Yes)、

$$D_{DSC}' = a \times \cos(a^*_{DSC}' / r_{DSC}')$$

となる(ステップ88)。一方、 $a \times \sin(b^*_{DSC}' / r_{DSC}') > 0$ でない場合(ステップ86、No)、

$$D_{DSC}' = 360 - a \times \cos(a^*_{DSC}' / r_{DSC}')$$

となる(ステップ90)。そして、測色計のグラフの a^* 軸からの角度を D_{STD} とすると、色相方向への回転補正係数 α は、各カラー毎の

$$\Sigma |D_{STD} - D_{DSC}'|$$

を最小にする値として求まる(ステップ92)。

【0050】補正の対象となるカラーの a^*b^* 座標を(a^* , b^*)、色相方向への回転補正係数を α (単位:

度)、彩度方向への伸縮補正係数をKとすると、補正後の座標 (a^* , b^*) は、

$$\begin{bmatrix} a^* \\ b^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K \times \cos \alpha & K \times (-\sin \alpha) \\ K \times \sin \alpha & K \times \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a^* \\ b^* \end{bmatrix} \quad \dots (4)$$

によって求められる(ステップ94)。

【0051】中間色に対する補正処理

以上で求めた補正係数は、いずれも赤、緑、青、シアン、マゼンタ、イエローの純色付近の値であるため、そのまま中間色への補正に使用することはできない。そこで、中間色の場合には、以下のように補正係数の調整を行う。

【0052】但し、補正係数の調整の際、ある境界線を境に急激な補正係数の変更を行えば当然カラーのジャンプが起こってしまう。したがって、補正係数の変化は色相の変化に伴って滑らかに行う必要がある。

【0053】さらに、同一の補正係数を使用する場合であっても、グレー軸付近と外周付近とでは座標の移動距離が異なるため、グレー軸から遠ざかるに連れて補正を抑制しなければならない。

【0054】中間色の補正係数を決定するためには、まず補正対象となる色がどのような色であるかを特定する必要がある。具体的には、測色計のグラフにおいて、グレー軸を中心としたときに赤、緑、青、シアン、マゼンタ、黄のグラフの近似直線と a^* 軸とがなす角度を調べる。

【0055】図10に、 a^*b^* 平面上において、グレー※

$$\alpha = \alpha_1 \times \frac{(\theta_2 - 5) - \theta}{\theta_2 - \theta_1 - 10} + \alpha_2 \times \frac{\theta_1 - (\theta_1 + 5)}{\theta_2 - \theta_1 - 10}$$

$$k = k_1 \times \frac{(\theta_2 - 5) - \theta}{\theta_2 - \theta_1 - 10} + k_2 \times \frac{\theta_1 - (\theta_1 + 5)}{\theta_2 - \theta_1 - 10}$$

となる。このようにして得られた α および k の値を式(4)に代入することによって、補正の対象となる上記中間色の a^*b^* 座標 (a^* , b^*) に基づき、補正後の座標 (a^* , b^*) が算出される。

【0059】なお、本処理では、純色の範囲を[各純色の角度] $\pm 5^\circ$ としており、当該範囲のカラーに対しては純色と同一の補正係数を使用する。

【0060】第2のホワイトポイント補正処理(ステップ70)

さらに、第2ホワイトポイント補正部30eによる処理を説明する。当該処理は、図5の点Oを点Bに移動させるための処理(処理②)に相当する。

【0061】Lab空間のL軸に対する、測色計のグラフのグレー軸の変位方向および程度は、明度毎に異なるため、明度に応じた補正係数を決定する必要がある。

補正係数は、補正の対象となる中心軸(グレー軸)のL★50

※軸を中心としたときの各カラーの近似直線と a^* 軸とがなす角度(以下、「色相角」と称する)を説明するための図を示す。図10に示すように、赤の近似直線と a^* 軸とがなす角度は 39° であり、黄の近似直線と a^* 軸とがなす角度は 84° であり、緑の近似直線と a^* 軸とがなす角度は 148° であり、シアンの近似直線と a^* 軸とがなす角度は 226° であり、青の近似直線と a^* 軸とがなす角度は 285° であり、マゼンタの近似直線と a^* 軸とがなす角度は 344° である。

【0056】当該実施の形態では、補正対象となるカラーの色相角に基づき、上記6色のいずれの2色間に位置しているかを調べ、当該2色の近似曲線からの角度の比率に応じた重み付けを補正係数に対して行う。

20 【0057】補正対象となるデジタルカメラのカラーの a^* 軸からの色相角を θ 、当該 θ を挟む2つのカラー(純色)の色相角、色相回転補正係数、彩度伸縮補正係数をそれぞれ θ_1 , α_1 , k_1 , θ_2 , α_2 , k_2 とすると、補正対象となるカラーの補正係数 α , k は、

【0058】

【数3】

★ a^* 平面および L^*b^* 平面における近似曲線を導出して、明度Lの時の近似曲線の値が a^*b^* 平面における移動距離になる。

【0062】図11に、図4のステップ70における第2のホワイトポイント補正処理を説明するためのフローチャートを示す。

【0063】 L^*a^* 平面における中心軸の近似3次曲線の式を

$$a^* = a_3 \times L^3 + b_3 \times L^2 + c_3 \times L + d_3$$

(a_3 , b_3 , c_3 , d_3 は、それぞれ曲線の係数)とし、 L^*b^* 平面における中心軸の近似3次曲線の式を

$$b^* = a_4 \times L^3 + b_4 \times L^2 + c_4 \times L + d_4$$

(a_4 , b_4 , c_4 , d_4 は、それぞれ曲線の係数)とすると、明度Lにおける中心軸の a^* 方向への補正係数

a^*_{revise} と、 b^* 方向への補正係数 b^*_{revise} は、 $a^*_{\text{revise}} = a_3 \times L^3 + b_3 \times L^2 + c_3 \times L + d_3$

13

$b^*_{revise} = a4 \times L^3 + b4 \times L^2 + c4 \times L + d4$
 となる(ステップ96)。したがって、補正対象となるデ
 ジタルカメラのグラフの中心軸(グレー軸)の a^*b^* 座
 標を(a^*_{center} , b^*_{center})とした場合、補正後
 の a^*b^* 座標(a^*_{center} , b^*_{center})は、
 $a^*_{center} = a^*_{center} + a^*_{revise}$
 $b^*_{center} = b^*_{center} + b^*_{revise}$
 となる(ステップ98)。

【0064】図12~14に、色補正部30gによる色
 補正処理前(図12(a)、図13(a)および図14
 (a))および色補正処理後(図12(b)、図13
 (b)および図14(b))における測色計のグラフと
 デジタルカメラのグラフを示す。図12~14におい
 て、R,Y,G,C,B,M(実線)は、測色計の赤、黄、緑、シ
 アン、青、マゼンタの近似曲線を示し、R',Y',G',C',
 B',M'は、デジタルカメラの赤、黄、緑、シアン、青、
 マゼンタの近似曲線を示している。図12は測色計のグ
 ラフおよびデジタルカメラのグラフの a^*b^* 平面上への
 投影を示し、図13は測色計のグラフおよびデジタルカ
 メラのグラフの L^*a^* 平面上への投影を示し、図14は
 測色計のグラフおよびデジタルカメラのグラフの L^*b^*
 平面上への投影を示している。図12~14より、色補
 正処理により各純色の近似曲線が接近することが明らか
 になる。さらに、デジタルカメラのグラフと測色計のグ
 ラフとの対応する点間の距離の平均値 ΔE が、色補正前
 で12.1であったのに対して、色補正により7.6に
 減少した。このことも、各純色の近似曲線が色補正処理
 により互いに接近することを示している。

【0065】上記実施の形態においては、図6、図7、
 図8、図9および図11のフローチャートに示す数式に
 よって色補正処理を行っているが、上記数式によって求
 められる色補正処理を色変換テーブルや簡易色変換テ
 ーブルによって行うこともできる。

【0066】以上のように、色補正が施された $L^*a^*b^*$ 画
 像データは、第2画像データ変換部30fによってRGB
 画像データに変換されて色補正後の画像データとして
 出力される。そして、キャリブレーション(上記色補
 正)がなされた画像データがメモ리카ード16に記録さ
 れ、LCD17に供給される。このようにして、忠実な
 色再現が可能のようにデジタルカメラをキャリブレーシ
 ョンすることができる。

【0067】

【発明の効果】本発明による基準画像データに基づきデ
 ジタルカメラの画像データを色補正処理することによ
 ってデジタルカメラをキャリブレーションする方法、また
 は記録媒体に記録されているプログラムの実行によれ
 ば、基準画像データの明度値、彩度値および色相角と、
 デジタルカメラの画像データの明度値、彩度値および色
 相角との差分が、前記複数の所定カラーに対してそれぞ
 れ計算され、当該差分が所定の範囲内になるようにデジ

14

タルカメラの画像データを色補正処理しているので、所
 定のカラーに対するデジタルカメラの画像データの各色
 成分(明度値、彩度値および色相角)を基準画像データ
 の各色成分に近づけることが可能となり、忠実な色再現
 が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態によるデジタルカメラを
 示すブロック図である。

【図2】本発明による画像処理制御部の機能ブロック図
 である。

【図3】測色計によって測色されたカラーパッチのXYZ
 データに基づき $L^*a^*b^*$ データを計算する方法を説明す
 るフローチャートである。

【図4】色補正部30gによる色補正処理を説明するフ
 ローチャートである。

【図5】グレー軸の移動を説明するための図である。

【図6】図4のステップ64における第1のホワイトボ
 イント補正処理を説明するためのフローチャートであ
 る。

【図7】図4のステップ66における明度補正処理を説
 明するためのフローチャートである。

【図8】図4のステップ67における彩度補正処理を説
 明するためのフローチャートである。

【図9】図4のステップ68における色相補正処理を説
 明するためのフローチャートである。

【図10】グレー軸を中心としたときの各カラーの近似
 直線と $+a^*$ 軸とがなす角度を説明するための図であ
 る。

【図11】図4のステップ70における第2のホワイト
 ボイント補正処理を説明するためのフローチャートであ
 る。

【図12】測色計のグラフおよびデジタルカメラのグ
 ラフの a^*b^* 平面上への投影を示し、(a)が色補正部3
 0gによる色補正処理前の状態を示し、(b)が色補正
 処理後の状態を示している。

【図13】測色計のグラフおよびデジタルカメラのグ
 ラフの L^*a^* 平面上への投影を示し、(a)が色補正部3
 0gによる色補正処理前の状態を示し、(b)が色補正
 処理後の状態を示している。

【図14】測色計のグラフおよびデジタルカメラのグ
 ラフの L^*b^* 平面上への投影を示し、(a)が色補正部3
 0gによる色補正処理前の状態を示し、(b)が色補正
 処理後の状態を示している。

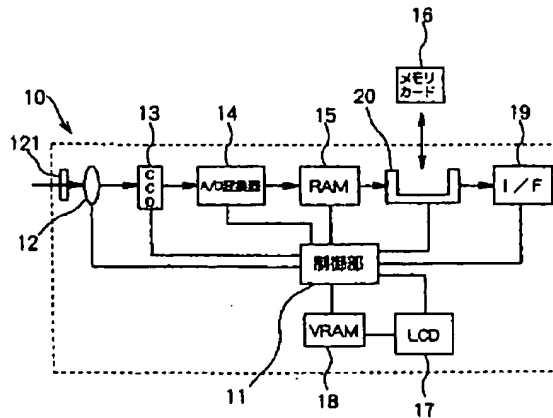
【符号の説明】

- 10 デジタルカメラ
- 11 制御部
- 12 集光レンズ
- 13 CCD
- 14 A/D変換器
- 15 RAM

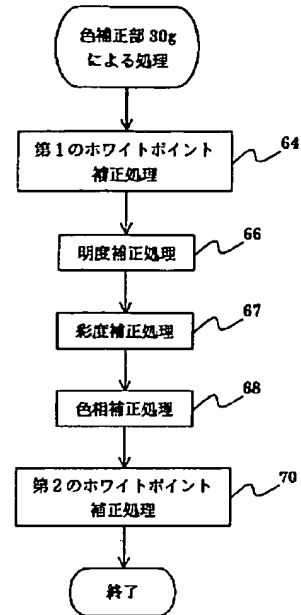
16 フラッシュメモリ
17 LCD

18 VRAM
19 インターフェイス

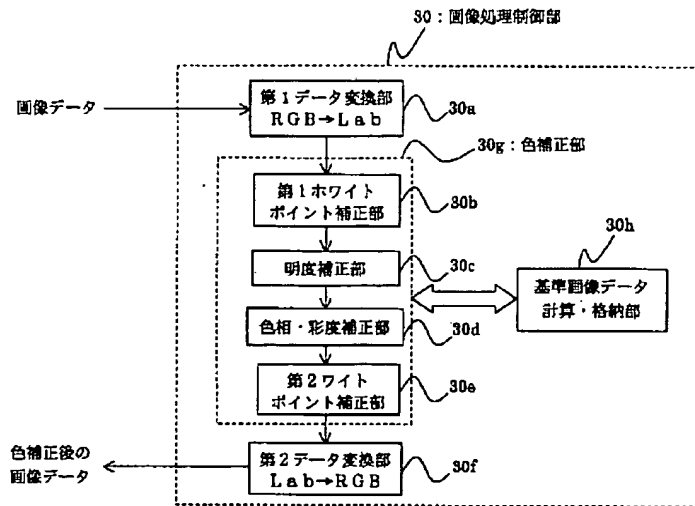
【図1】



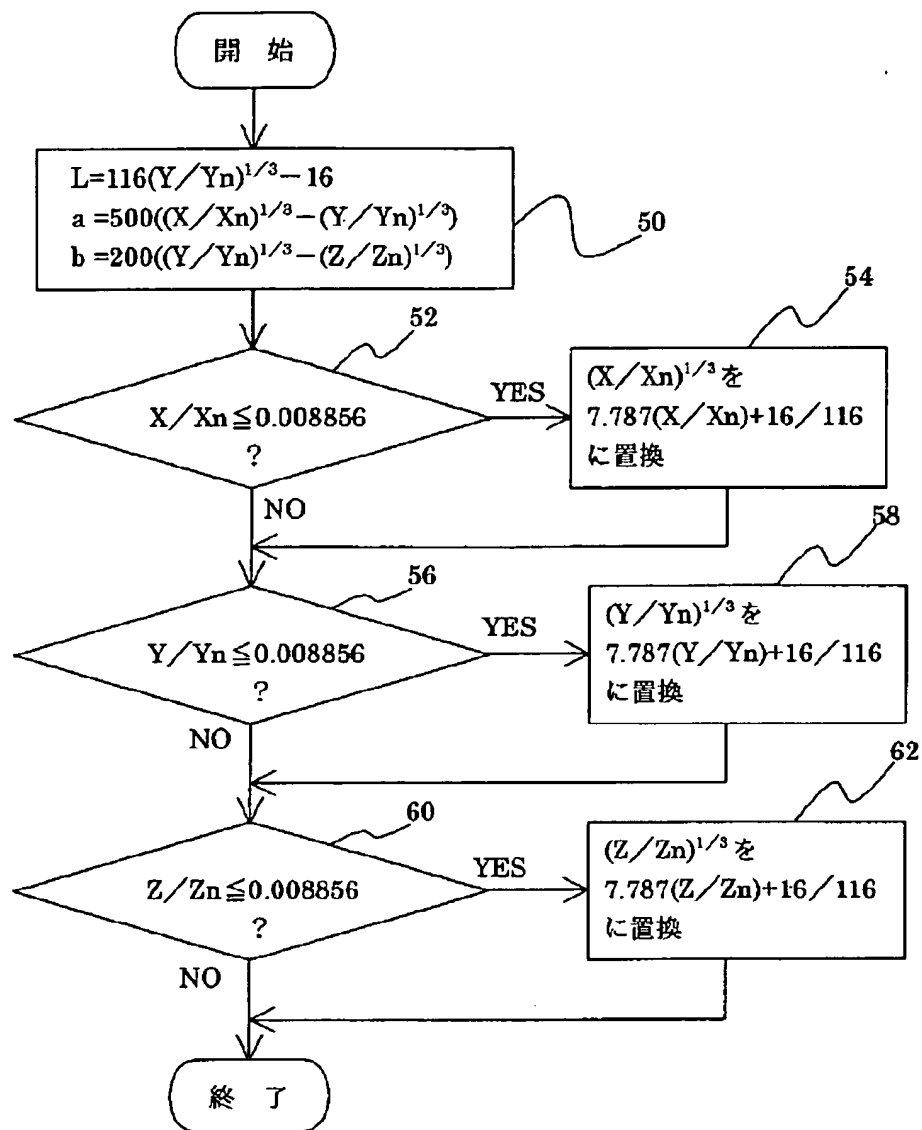
【図4】



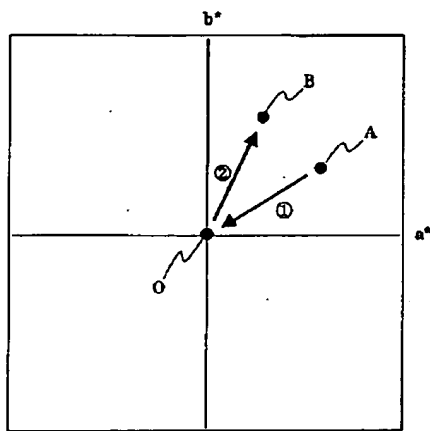
【図2】



【図3】

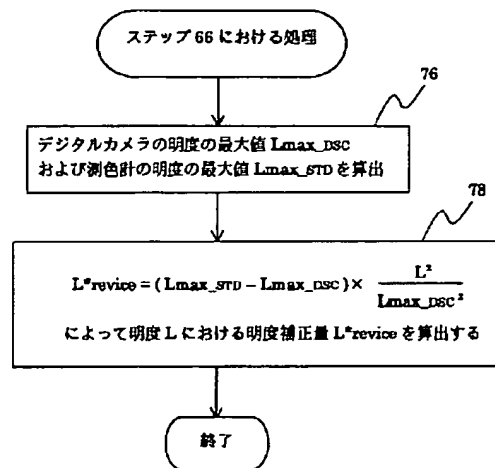


【図5】

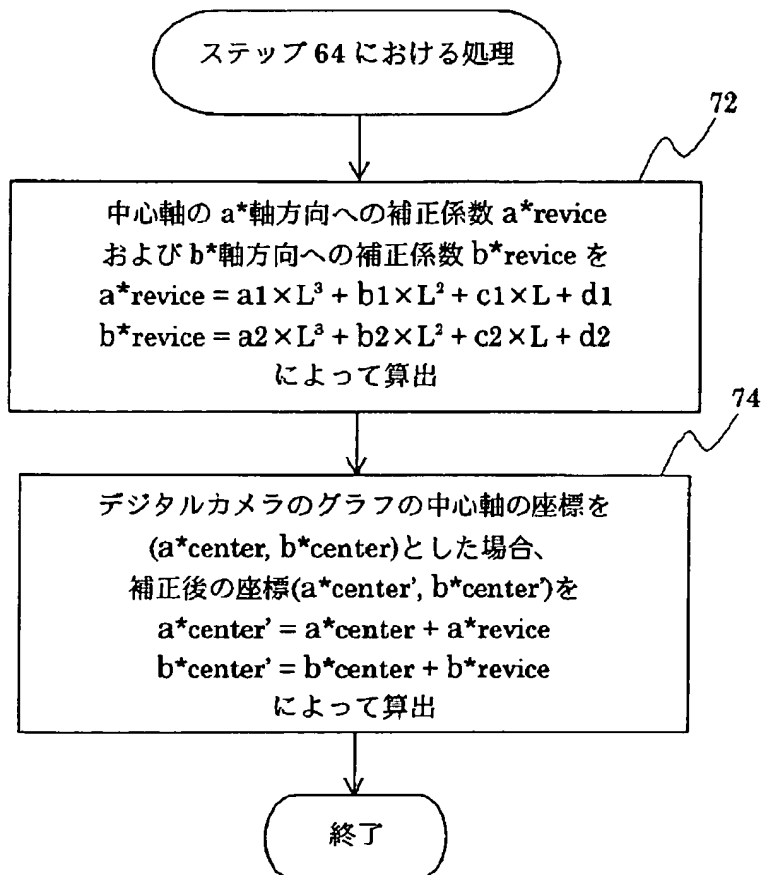


点A: デジタルカメラのグラフの中心軸
 点B: 測色計のグラフの中心軸
 点O: Lab座標系の原点

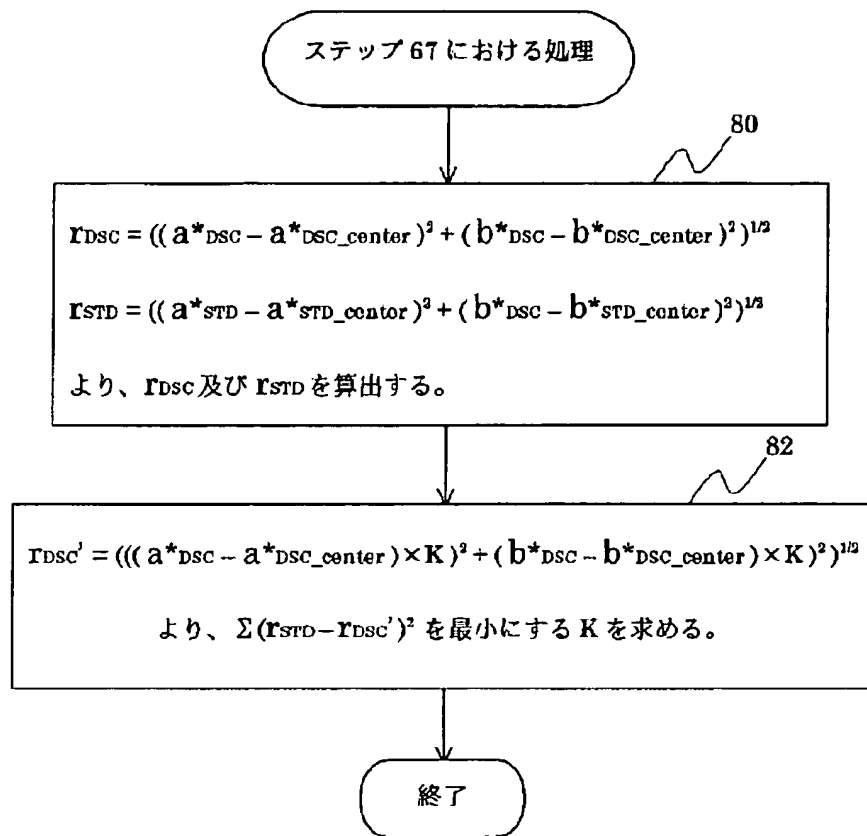
【図7】



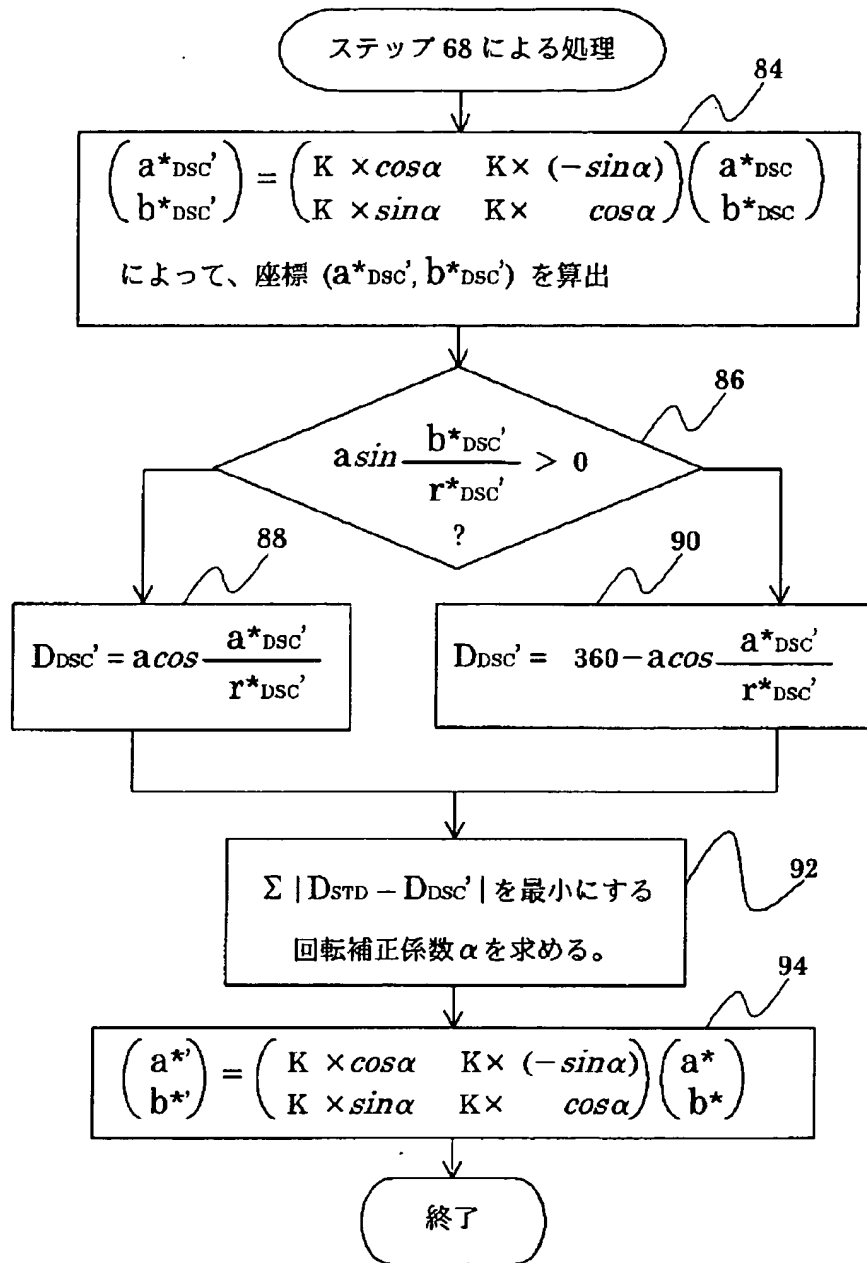
【図6】



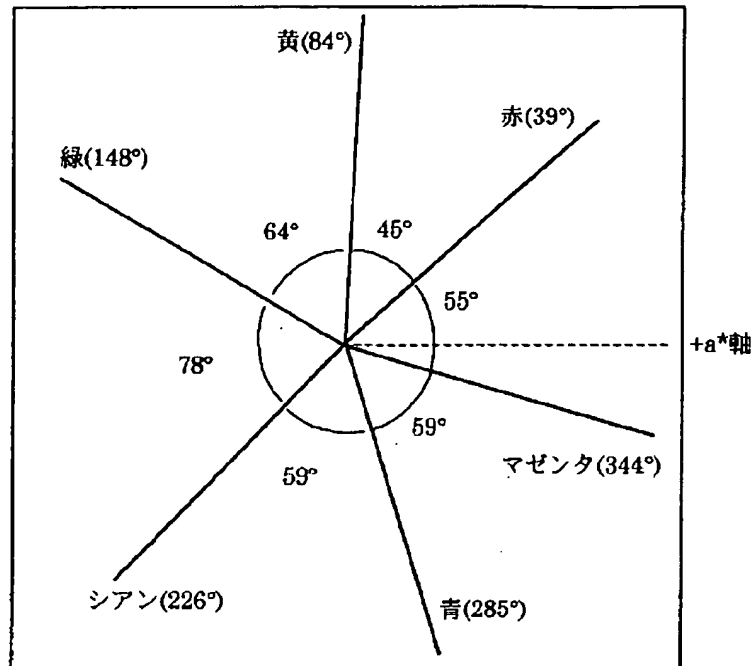
【図8】



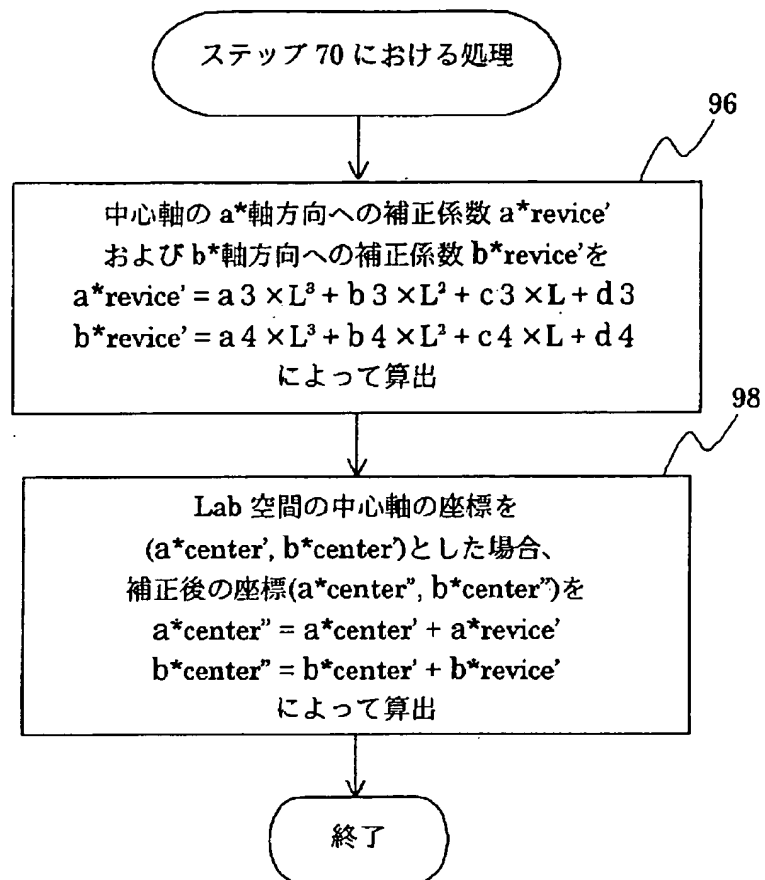
【図9】



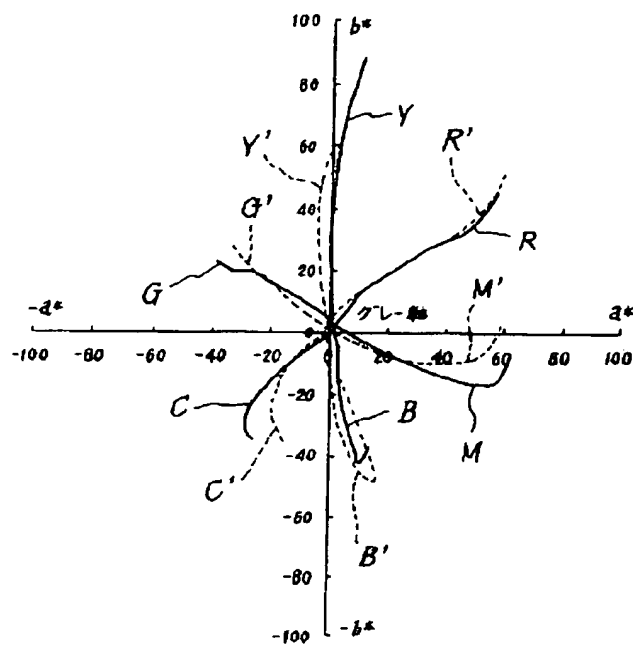
【図10】



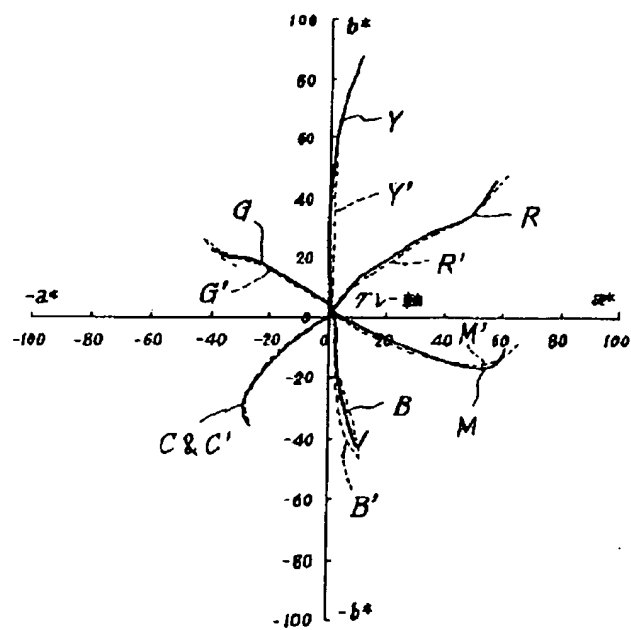
【図11】



【図12】

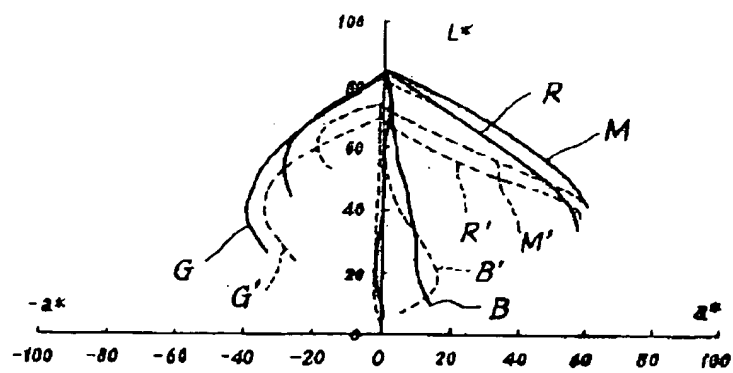


(a)

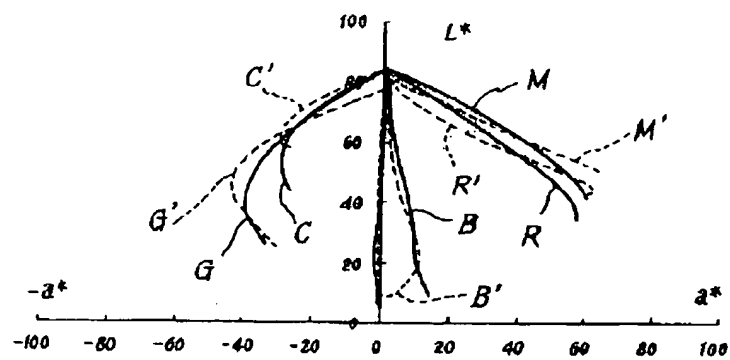


(b)

【図13】

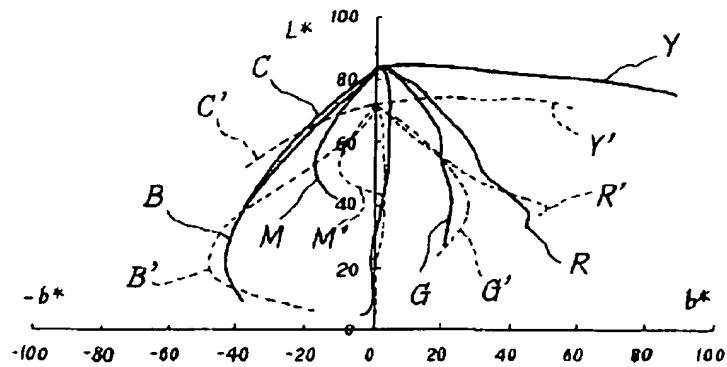


(a)

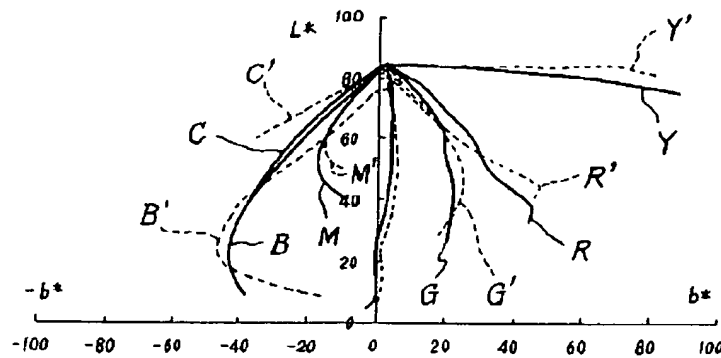


(b)

【図14】



(a)



(b)

フロントページの続き

Fターム(参考) 5B057 CA01 CA08 CA12 CA16 CB01
 CB08 CB12 CB16 CC01 CE17
 CH08 CH20 DB02 DB06 DB09
 DC25 DC33
 5C065 AA03 BB01 CC01 DD01
 5C066 AA01 EA07 EA13 EB01 GA01
 JA05 KD01
 5C079 HB01 HB06 HB11 LA23 LB01
 MA11 NA03 PA00